

# REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE  
JEAN LOROUGNON GUEDE



## MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN BIORESSOURCES-AGRONOMIE**

*Option : Amélioration des Ressources Agricoles*

Année Académique :  
2021-2022

Par

**OUATTARA KOUMONDI MAMATA RAISSA**

Thème :

---

**Répartition dans l'espace et dans le temps de la fertilité chimique du sol sur une parcelle expérimentale d'agroforesterie de l'Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Centre-Ouest Côte d'Ivoire)**

---

Date de soutenance publique : 23 Septembre 2022

Numéro d'ordre :  
054-2022

Composition du Jury :

M. BAKAYOKO Sidiky	Professeur Titulaire	Université Jean Lorougnon Guédé	Président
M. BARIMA Yao Sadaïou Sabas	Professeur Titulaire	Université Jean Lorougnon Guédé	Directeur scientifique
M. N'GANZOUA Kouamé René	Maitre-Assistant	Université Jean Lorougnon Guédé	Encadreur
M. ABOBI Akré Herber Damien	Maitre-Assistant	Université Jean Lorougnon Guédé	Examineur

# Dédicaces

A la mémoire de mes parents OUATTARA Drissa, DIOMANDE Manadian Tiemaka et à celle de ma sœur OUATTARA Yenin Jessica, des êtres chers malheureusement qui ont été trop tôt arrachés à notre affection ;

A notre tante Mme OUATTARA Madjara épouse Lamine qui a mis tout en œuvre pour mon succès scolaire et universitaire ;

A notre frère David, à nos sœurs Abiba, Mariam et à notre fils Brayon qui ont été mes réelles sources de motivation ;

A ma famille adoptive, la famille Touré pour leurs prières et soutiens ;  
A celles et ceux qui nous ont soutenue en pensées, en paroles, par actions et qui souhaitent nous voir réussir dans les études.

## 1 AVANT-PROPOS

La présente étude a été réalisée dans le cadre du projet « Une reconstitution naturelle de la forêt classée du Haut-Sassandra après abandon des activités agricoles est-elle possible ? (RN-FCHS) » financé par le programme Sud Expert Plantes Développement Durable (SEP2D), l'Agence Française du Développement, le Fonds Français pour l'Environnement Mondial et l'Institut de Recherche et de Développement (IRD).

Ce projet exécuté par le Groupe de Recherche Interdisciplinaire en Ecologie du Paysage et en Environnement (GRIEPE) de l'Université Jean Lorougnon Guédé a bénéficié du soutien de la Société de Développement des Forêts (SODEFOR) pour l'accès à la Forêt Classée du Haut-Sassandra.

## **Remerciements**

Le présent travail, réalisé dans le cadre de fin de cycle de Master des Bioressources et Agronomie a été effectué à l'UFR Agroforesterie de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa (UJLoG). La réalisation de ce mémoire a été rendue possible grâce aux soutien et conseils de plusieurs personnes que je tiens à remercier.

J'adresse mes remerciements à la Présidente de l'Université, Professeur TIDOU Abiba Sanogo épouse KONE, Professeur Titulaire d'Hydrologie et Eco-toxicologie, pour le bon fonctionnement de l'université.

Je suis reconnaissant envers les Professeurs KONE Tidiani et AKAFFOU Doffou Sélastique, respectivement Vice-président chargé de la Pédagogie, de la Vie Universitaire, de la Recherche et de l'Innovation Technologique et Vice-président chargé de la Programmation, Planification et des Relations Extérieures de l'Université Jean Lorougnon Guédé, qui ont toujours été disponibles pour répondre à nos préoccupations au niveau académique.

Je remercie également le Docteur TONESSIA Dolou Charlotte, Maître de Conférences, Directrice de l'UFR Agroforesterie, pour sa disponibilité et ses sages conseils dont nous avons bénéficié durant toutes ces années.

Mes remerciements vont à l'endroit du Professeur BARIMA Sabas, Professeur Titulaire, pour m'avoir acceptée au sein du GRIEPE et acceptée également la tutelle scientifique de ce travail.

Je remercie le Docteur SOUMAHIN Eric Francis, Maître-Assistant, Responsable du parcours Bioressources et Agronomie pour son dynamisme à la tête du parcours et ses sages conseils. Je remercie particulièrement le Docteur N'GANZOUA Kouamé René, Maître-Assistant, qui a bien voulu accepté le volet encadrement de ce travail. Docteur, grand merci, pour votre disponibilité.

Que Docteur BAYALA Roger trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance pour ses conseils, sa contribution à la réalisation de ce travail et surtout pour l'expérience enrichissante qu'il m'a été donné de vivre à ses côtés.

Je remercie également tous mes amis et connaissances qui m'ont soutenue et aidée tout au long de mon parcours universitaire face aux nombreuses difficultés rencontrées.

Je remercie toute ma famille pour le soutien indéfectible et l'accompagnement tant moral, financier, que spirituel dont j'ai bénéficié.

## Table des matières

	pages
Dédicaces .....	i
Remerciements .....	ii
Table des matières .....	iii
Liste des tableaux .....	vi
Liste des figures .....	vii
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES	
I.1 Présentation générale de la ville de Daloa .....	3
I.1.1. Localisation géographique de la ville de Daloa .....	10
I.1.2. Climat.....	11
I.1.3. Végétation .....	11
I.1.4. Hydrographie .....	11
I.1.5. Sols dans la région de Daloa .....	12
I.1.6. Définition et fonction du sol .....	3
I.1.7. Constituants du sol .....	3
I.1.8. Notion de fertilité des sols .....	4

I.1.9. Détermination de la fertilité chimique d'un sol .....	5
I.1.10. Mesure de la fertilité d'un sol .....	6
I.1.11. Taux et niveaux de fertilité du sol.....	6
I.2. Agroforesterie .....	7
I.2.1. Différents types de systèmes agroforestiers.....	8
I.2.2. Avantages et inconvénients des systèmes agroforestiers.....	8
<b>DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES</b>	
II.1. Caractéristiques de la parcelle expérimentale.....	13
II.2. Matériel.....	14
II.2.1. Matériel de terrain .....	14
II.2.2. Matériel de laboratoire.....	15
II.2.3. Matériel de traitement statistique des données .....	15
II.3. Méthodes .....	15
II.3.1. Points d'échantillonnage du sol et dispositif expérimental .....	15
II.3.2. Prélèvement des échantillons de sol .....	15
II.3.4. Collecte des données de climat pendant l'expérimentation.....	15
II.3.5. Analyse des échantillons de sol prélevé .....	16
II.3.6. Traitement statistique des données .....	22
<b>TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION</b>	
III.1. Résultats .....	23
III.1.1. Pluie et température enregistrées pendant les prélèvements des échantillons du sol .....	23
III.1.2. Répartition des éléments nutritifs du sol en fonction de la toposéquence et des saisons .....	23
III.1.3. Variation des éléments nutritifs du sol en fonction des saisons, du niveau de la toposéquence et des horizons .....	25
III.2. Discussion .....	30
III.2.1. Variation des conditions climatiques de la zone d'étude .....	30
III.2.2. Variation des paramètres chimiques le long de la toposéquence et niveau de fertilité du sol .....	30
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>31</b>
<b>REFERENCES.....</b>	<b>32</b>



# Liste des sigles et abréviations

**AFES** : Association Française pour les Etudes du Sol

**ANOVA** : Analyse Of Variance

**CEC** : Capacité d'Echange Cationique

**C** : Carbone

**C/N** : Rapport Carbone/Azote

**Ca** : Calcium

**ICRAF** : Centre International pour la Recherche en Agroforesterie

**ILACO** : International Land Development Consultants

**K** : Potassium

**MO** : Matière Organique

**Mg** : Magnésium

**N** : Azote

**Pass** : Phosphore assimilable

**pH** : potentiel hydrogène

**SBE** : Somme des Bases Échangeables

**UJLoG** : Université Jean Lorougnon Guédé

**Vsat** : Volume de saturation du complexe absorbant

# Liste des tableaux

pages

Tableau I : Constituants du sol .....	4
Tableau II : Taux indicatif de la fertilité du sol en zone tropicale humide .....	7
Tableau III : Protocole de dosage du phosphore assimilable .....	19
Tableau IV : Préparation des tubes étalons pour les mesures des quantités des bases échangeables.....	20
Tableau V : Comparaison des moyennes des éléments nutritifs du sol en fonction de la toposéquence en saison sèche .....	24
Tableau VI : Comparaison des moyennes des éléments nutritifs du sol en fonction de la toposéquence en saison pluvieuse .....	24
Tableau VII : Comparaison des moyennes des éléments nutritifs au sommet de la toposéquence en fonction des horizons en saison sèche .....	26
Tableau VIII : Comparaison des moyennes des éléments nutritifs au sommet de la toposéquence en fonction des horizons en saison pluvieuse.....	26
Tableau IX : Comparaison des moyennes des éléments nutritifs à mi-versant de la toposéquence en fonction des horizons en saison sèche .....	28
Tableau X : Comparaison des moyennes des éléments nutritifs à mi-versant de la toposéquence en fonction des horizons en saison pluvieuse.....	28
Tableau XI: Comparaison des moyennes des éléments nutritifs au bas-versant de la toposéquence en fonction des horizons en saison sèche .....	29
Tableau XII: Comparaison des moyennes des éléments nutritifs au bas-versant de la toposéquence en fonction des horizons en saison pluvieuse.....	29



# Liste des figures

pages

Figure 1 : Carte de localisation de la ville de Daloa .....	10
Figure 2: Composantes définissant la fertilité du sol .....	5
Figure 3 : Localisation du site expérimental à l'Université Jean Lorougnon Guédé .....	13
Figure 4 : Quelques outils utilisés sur le terrain .....	14
Figure 5 : Diagrammes ombrothermiques pendant l'expérimentation.....	23

# **INTRODUCTION**

La Côte d'Ivoire, bien qu'étant premier producteur mondial de cacao et d'anacarde ainsi que quinzième en production de café (FIRCA, 2019). Ce pays connaît au fil du temps une dégradation progressive des éléments nutritifs naturels des sols car les terres agricoles sont surexploitées et les exportations en nutriments du sol par les plantes cultivées ne sont toujours pas compensées par apport suffisant d'éléments fertilisants (Wessel & Quist-Wessel, 2015). La conséquence de cette pression sur les terres agricoles se résume essentiellement en la baisse de la fertilité et de la productivité des sols (Bado, 2002) ainsi qu'en rendement des cultures (Jama *et al.* 2000). Cette pression constitue une préoccupation majeure pour les agriculteurs dans l'amélioration des rendements des plantes cultivées. L'utilisation des engrais chimiques, de par leur action bénéfique immédiate sur la productivité des sols, a été envisagée comme une des solutions à l'appauvrissement des sols en nutriments et pour combler les besoins nutritifs des plantes cultivées (Gala Bi *et al.* 2011). Cependant, leur coût élevé les rend non seulement inaccessibles à tous les agriculteurs (Useni *et al.* 2013) mais aussi leur utilisation abusive dans les pratiques culturales n'est pas sans conséquence sur l'environnement et sur la santé des populations (Mulaji, 2011). Cette situation pose un problème de durabilité de la productivité des sols naturellement pauvres et surtout de la qualité des produits agricoles.

Dans un souci de maintenir la production et/ou d'optimiser le rendement des cultures, tout en préservant le couvert forestier en constante destruction, plusieurs chercheurs s'accordent sur des pratiques agricoles durables, notamment, l'agroforesterie (Rice & Greenberg, 2000 ; Sonwa *et al.*, 2007 ; Adou Yao *et al.*, 2016) qui est définie comme un système agricole complexe intégrant des arbres dans les exploitations agricoles de sorte à réconcilier durablement la production agricole, la fertilité des sols et la protection de l'environnement (Vaast & Somarriba, 2014; Vroh *et al.*, 2017 ; N'ganzoua *et al.*, 2021). Dans cette optique, un projet de mise en place d'un système agroforestier intégrant, cultures pérennes, cultures vivrières et arbres forestiers a été initié sur l'une des parcelles expérimentales de l'Université Jean Lorougnon Guédé. Mais bien avant la mise en œuvre du projet, il convient de faire l'état de fertilité initiale de ladite parcelle pour assurer la durabilité des systèmes de culture envisagés. C'est dans ce but que s'inscrit cette étude intitulée «Etude de la répartition spatiotemporelle de la fertilité chimique du sol sur une parcelle expérimentale d'agroforesterie de l'Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Centre-Ouest Côte d'Ivoire). L'étude vise à évaluer la fertilité chimique de la parcelle expérimentale.

Plus spécifiquement, il a été question de déterminer :

- l'acidité, la teneur en matière organiques et les éléments majeurs du sol ;

- les cations échangeables et la capacité d'échange cationique des sols ;
- les taux de saturation des bases échangeables sur le complexe absorbant sur l'ensemble des horizons de la parcelle.

Le présent mémoire qui rend compte du travail réalisé s'articule autour de trois grandes parties. La première partie présente les généralités relatives à l'étude. La seconde partie est relative au matériel et aux méthodes utilisées dans la conduite de l'étude. La troisième partie présente les résultats obtenus et leur discussion. Une conclusion générale, assortie de quelques recommandations et une liste de références bibliographiques complètent le mémoire.

# **PREMIERE PARTIE : GENERALITES**

### **I.1.6. Définition et fonction du sol**

Le sol peut être défini comme la formation naturelle de surface à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous-jacente sous l'influence de divers processus physiques, chimiques et biologiques (AFES, 2014).

Le sol dans sa complexité assure plusieurs fonctions selon le domaine d'application. En agronomie, il a une fonction de support des plantes et de production agricole (fertilité chimique et propriétés physiques des sols).

### **I.1.7. Constituants du sol**

Le sol est constitué de trois fractions principales :

- une fraction solide composée de constituants minéraux occupant 45 % à 95 % du volume massique (argiles, limons, sables, ...) et de constituants organiques occupant 2 % à 5 % du volume massique (Legros, 2007 ; Jegou, 2017) ;

- une fraction liquide composée d'eau dans laquelle sont dissoutes des substances solubles provenant à la fois de l'altération des roches, de la minéralisation des matières organiques et des apports d'engrais par l'homme occupant 3 % à 25 % du volume massique (Pousset, 2002 ; Walter *et al*, 2015) ;

- une fraction gazeuse composée des mêmes gaz de l'air avec en plus des gaz provenant de la décomposition des matières organiques occupant 0 % à 25 % du volume massique (Legros, 2007 ; Jegou, 2017).

Ce sont ces principaux constituants du sol (Tableau I) qui lui confèrent sa fertilité.

**Tableau I** : Constituants du sol

Fraction solide		Fraction liquide	Fraction gazeuse
Constituants minéraux	Constituants organiques	Éléments dissouts dans l'eau	
<b>Terre fine :</b>	<b>Matières organiques fraîches :</b>	<b>Substances organiques :</b>	<b>Constituants de l'air :</b>
- Argile,	- Constituants de	- Acides organiques	- O <sub>2</sub>
- Limons fins,	tissues végétales	- sucres	- N <sub>2</sub>
- Limons grossiers,	celluloses,		- CO <sub>2</sub>
- Sables fins,	hémicelluloses,	<b>Ions dissouts :</b>	<b>Gaz issus de l'activité</b>
- Sables grossiers	tanins	- Ca <sup>2+</sup>	<b>des animaux et de la</b>
<b>Éléments grossiers :</b>	- Déjections animales	- Mg <sup>2+</sup>	<b>décomposition :</b>
- Graviers,	et animaux morts	- K <sup>+</sup>	- CO <sub>2</sub>
- Cailloux,		- Na <sup>+</sup>	- H <sub>2</sub>
- Pierres,	<b>Matière humique :</b>	- NO <sup>3-</sup>	- CH <sub>4</sub>
- Blocs	- Matières organiques transformées	- PO <sup>3-4</sup>	

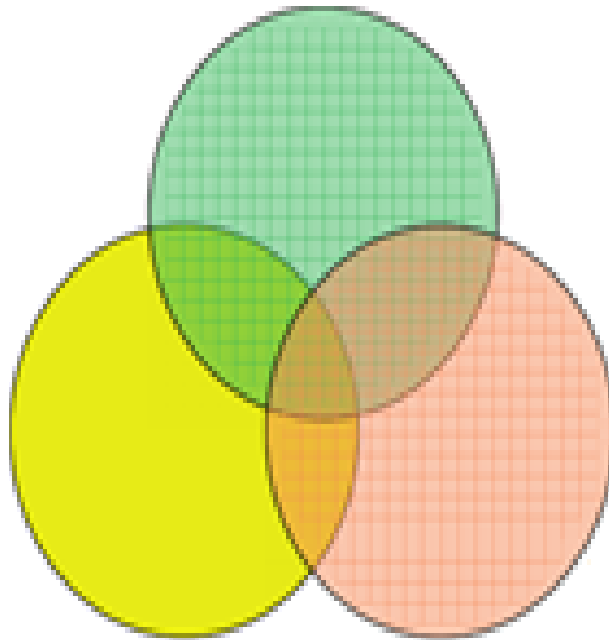
### I.1.8. Notion de fertilité des sols

La fertilité du sol se définit du point de vue agronomique comme étant son aptitude à fournir aux plantes cultivées tous les facteurs nécessaires à leur croissance et à leur production (Pieri, 1989 ; Soltner, 1994). Elle est la combinaison de toutes les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols qui conditionnent la croissance des plantes et des cultures (Figure 2). Les apports adaptés de produits organiques ou d'engrais minéraux viennent en complément de l'offre du sol, afin d'optimiser le rendement et la qualité des récoltes. La présente étude s'intéresse principalement à la fertilité chimique du sol.

## FERTILITE PHYSIQUE

(Lit de semence, Structure, Circulation de l'eau et l'air,  
Réserves en eau, Matière organique....)

**FERTILITE  
CHIMIQUE**  
(Teneurs en NPK et  
Oligoéléments, pH,  
CEC...)



**FERTILITE  
BIOLOGIQUE**  
(Minéralisation,  
Mycorhyzes,  
Humification, Racines,  
Vie du sol...)

**Figure 1** : Composantes définissant la fertilité du sol

### I.1.9. Evaluation de la fertilité chimique d'un sol

La fertilité chimique d'un sol est déterminée principalement par les stocks d'éléments nutritifs présents dans la fraction minérale et/ou des matières organiques du sol, leur biodisponibilité et l'équilibre de certains éléments nutritifs sur le complexe argilo-humique.

Ces facteurs impliqués dans la fertilité chimique d'un sol ne sont pas pour autant suffisants pour exprimer pleinement la fertilité d'un sol, car il faut évidemment tenir compte des aspects physiques et biologiques ainsi que du climat. L'absorption des nutriments bio disponibles va par exemple dépendre de la qualité de la structure du sol et de l'enracinement, et nécessiter la présence d'eau dans le sol. L'activité biologique, très dépendante du climat, va influencer directement sur les fournitures par minéralisation (Azote, Phosphore, Soufre) ou par la mycorhization (Phosphore). Enfin les plantes n'ont pas les mêmes besoins ou exigences en éléments nutritifs.



### **I.1.10. Evaluation de la fertilité d'un sol**

Certains symptômes observables sur les plantes peuvent révéler des carences, mais il est souvent trop tard pour intervenir pour la culture en place. L'analyse d'un sol, voire parfois de végétaux reste donc indispensable pour ajuster au mieux la fertilisation. Elle peut apporter également de nombreux renseignements comme la texture du sol, sa teneur en calcaire, sa capacité d'échange cationique (CEC), son pH, qui sont des informations indispensables à l'établissement des conseils de fumure. En général, on distingue :

- les prélèvements pour analyse de sol (dosage tous les 5 ans environ des éléments majeurs et oligoéléments sur la profondeur des labours ou des travaux les plus profonds) ;
- les prélèvements de terre pour le conseil de fertilisation en azote (dosage des reliquats azotés chaque année après la récolte sur 30 à 90 cm selon les cultures).

### **I.1.11. Taux de fertilité du sol**

La fertilité d'un sol est définie par rapport au type de sol et surtout à la teneur des éléments nutritifs qu'il contient, et qui répondent aux besoins nutritionnels de la plante pour une bonne croissance et un bon développement. Le tableau II ci-dessous donne des valeurs indicatives de la fertilité chimique des sols. Toutes les valeurs en mg/g peuvent être converti en pourcentage(%) en les divisant par 10.

**Tableau II :** Taux indicatif de la fertilité du sol en zone tropicale humide

Fertilité	Eléments majeurs (mg/g)					Cations échangeables (cmol/kg)						
	pH eau	MO	C	N	C/N	Pass	K	Mg	Ca	S	C.E.C	V
Très bas	< 5,0	<10	<6	<0,5	<8	0 – 5	-	<0,01	<0,03	<1,5	<2	-
Bas	5,0	10	6	0,5	8	5		0,01	0,03	1,5	2	
	à 5,5	à 20,1	à 10,3	à 1,3	à 11	à 10	<0,25	à 0,03	à 0,07	à 3	à 3	< 50
Moyen	5,5	20,1	10,3	1,3	11	10	0,25	0,03	0,07	3	3	
	à 6,0	à 40,3	à 20,5	à 2,3	à 16	à 22	à 0,5	à 0,04	à 0,12	à 6	à 8	50
Élevé		40,3	20,5	2,3	16		0,5	0,04	0,12	6	8	
	> 7,0	à 60	à 30	à 3	à 25	>22	à 1	à 0,05	à 0,15	à 12	à 15	> 70
Très élevé	-	>60	>30	>3	<25	-	>1	>0,05	>0,15	> 12	> 15	-

Sources : ILACO (1981) ; Assa (2005) ; Zro *et al.* (2012)

MO = Matière organique ; C = Carbone ; N = Azote ; C/N = Rapport Carbone/Azote ; Pass = Phosphore assimilable ; K = Potassium ; Mg = Magnésium ; Ca = Calcium ; SBE = Somme des bases échangeables ; CEC= Capacité d'échange cationique ; Vsat = Volume de saturation du complexe absorbant

## **I.2. Agroforesterie**

### **I.2.1. Différents types de systèmes agroforestiers**

Un système agroforesterie est un ensemble de composantes, ligneux, cultures annuelles et animaux, représentant un type courant d'utilisation des terres dans une région donnée. Sur la base de ces trois principales composantes, cultures, arbres et animaux, peuvent être regroupés de plusieurs façons (Penot 1995). L'ICRAF distingue trois (3) systèmes de base :

- le système agro-sylvicole qui associe arbres et cultures sur une même unité d'exploitation des terres ;
- le système sylvopastoral qui associe les arbres et les animaux sur une même unité d'exploitation ;
- le système agro-sylvo-pastoral qui associe à la fois les arbres, cultures et animaux sur la même unité d'exploitation.

### **I.2.2. Avantages et inconvénients des systèmes agroforestiers**

Les systèmes agroforestiers peuvent être avantageux par rapports aux méthodes conventionnelles de production agricole et forestière. Ils peuvent offrir une productivité accrue, des avantages économiques et une plus grande diversité dans les biens et services écologiques fournis. Par ailleurs, l'agroforesterie peut contribuer de manière significative à l'atténuation du changement climatique et participe à l'adaptation agricole (Torquebiau 2017). Les lignes d'arbres agroforestières ont un effet brise vent si elles sont orientées perpendiculairement au sens de ce dernier : elles réduisent sa vitesse, créant une zone protégée derrière la ligne, dont la longueur est proportionnelle à la hauteur des arbres (Pottiez 2005). Cette protection est intéressante dans les zones venteuses, que ce soit pour une culture de vente ou pour une prairie pâturée. Elles permettent également de limiter l'érosion éolienne. L'introduction des arbres sur les terres agricoles augmente la couverture verte qui aide à réduire les gaz à effet de serre grâce à la capacité de séquestration du carbone des arbres, à inverser le réchauffement climatique et à bloquer l'élévation du niveau de la mer. Correctement mise en œuvre, l'agroforesterie permet également de reconstituer les aquifères profonds au fil des siècles et même des millénaires. Aussi, l'homogénéité de la végétation (cultures, arbres, et enherbement) permet l'établissement d'une biodiversité plus riche sur la parcelle. Elle permet d'abriter à la fois des ravageurs et des auxiliaires des cultures.

Le meilleur équilibre qui résulte de la cohabitation de ces différentes populations doit permettre d'aboutir à un meilleur contrôle de la population de ravageurs et à une moindre fréquence de situations de crises sanitaires pour la culture (Jose *et al.*, 2004) Quant au sol les systèmes agroforestiers permettent une amélioration au niveau de la fertilité, par la minéralisation de la litière de feuilles des arbres en surface (Ong 1996), et surtout par la dégradation en profondeur dans le sol des racines mortes des arbres, notamment, après un élagage (Cardinael *et al.*, 2015). Le réseau formé par les racines des arbres sous la zone racinaire de la culture permet la récupération d'une partie de l'azote non utilisé par la culture ou la prairie, et qui est lixivié (Gavaland et Burnel 2005). Cette récupération permet ainsi de limiter les pollutions issues de la parcelle, tout en fournissant une source d'alimentation pour les arbres. Cependant, ce système pourrait à long terme réduire les surfaces agricoles à monoculture mais aussi nécessiterait plus de temps de travail surtout lorsque les arbres sont à un stade jeune pour les protéger contre les animaux (Gavaland et Burnel 2005).

## I.1 Présentation générale de la ville de Daloa

### I.1.1. Localisation géographique de la ville de Daloa

L'étude a été réalisée à Daloa, chef de lieu de la région administrative du Haut-Sassandra, au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. La ville de Daloa est entourée au Nord par les villes de Vavoua et de Zuénoula, au Sud par les villes d'Issia et de Sinfra, à l'Ouest par celles de Duékoué et Bangolo et à l'Est par la ville de Bouaflé (Figure 1). Daloa est le pôle de développement rural du centre-ouest du pays (Diarra *et al.*, 2016). On note dans cette localité la présence de plusieurs institutions étatiques de développement et de recherche dont une université thématique essentiellement axée sur l'Agroforesterie. La ville est délimitée par les parallèles 6° et 7° de latitude Nord et les méridiens 7° et 8° de longitude Ouest. Cette région a une superficie de 15 200 km<sup>2</sup> pour une population estimée à 1 430 960 habitants (RGPH, 2014).

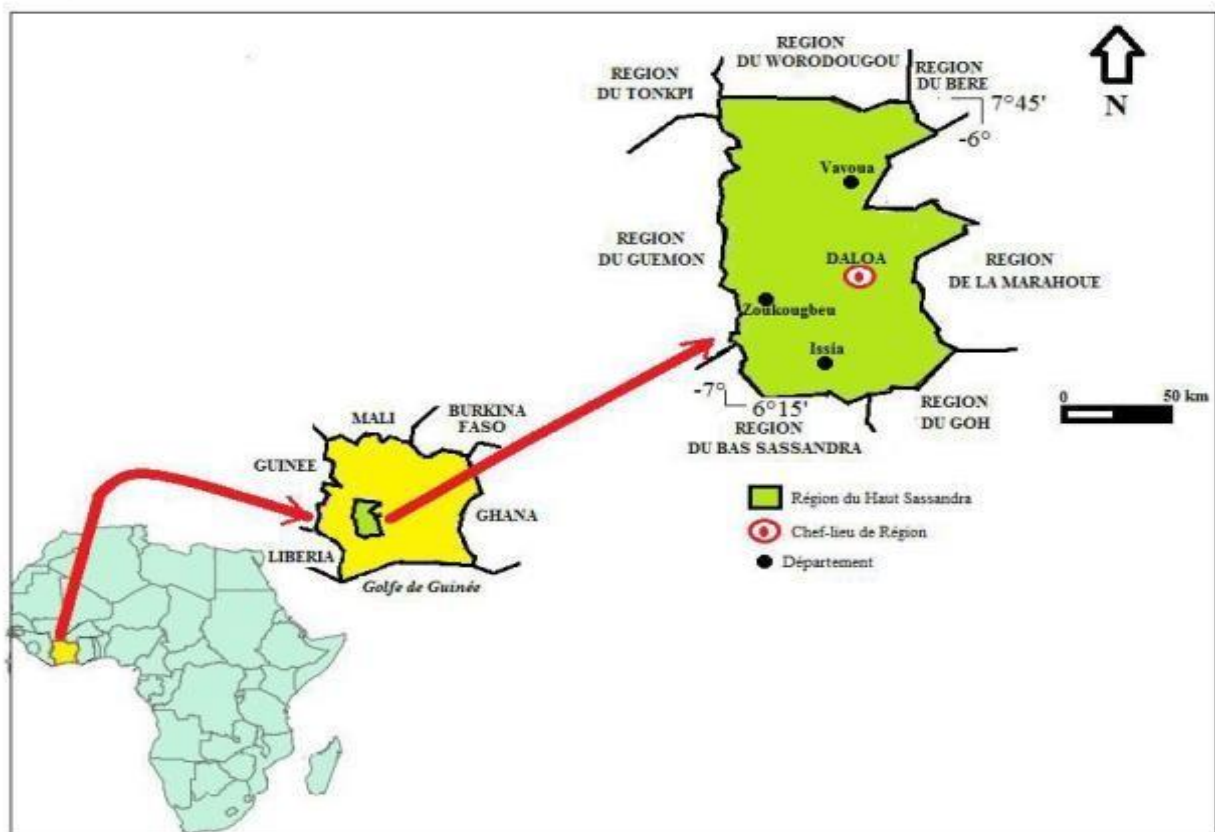


Figure 2 : Carte de localisation de la ville de Daloa Source : Dagbo (2016)

### **I.1.2. Climat**

Le climat de la région de Daloa est de type tropical caractérisé par quatre (4) saisons dont 2 saisons de pluie et deux saisons sèches (Koffie-Bikpo & Kra, 2013) : La saison des pluies se scinde en une grande saison pluvieuse (d'avril à Juin) avec de fréquentes précipitations et de nombreux orages, et une petite saison pluvieuse qui part de Septembre à Octobre, avec quelques petites précipitations. La saison sèche est subdivisée en une grande période de sécheresse (de Novembre à Mars) marquée par les alizés du nord (harmattan) et une petite période de sécheresse qui s'étale de la Juillet à Août, où le ciel reste couvert.

Mais cette répartition est fortement perturbée ces dernières années. On peut ainsi observer une seule saison de pluie d'Avril à Octobre, suivie d'une saison sèche de Novembre à Mars. Ces déviations climatiques perturbent sérieusement le calendrier agricole et désorientent les populations rurales avec un impact négatif sur les productions agricole, particulièrement sur les cultures vivrières. Le régime pluviométrique de la région est donc bimodal. Les précipitations annuelles varient entre 1200 et 1600 mm et les températures se situent entre de 24,65°C et 27,75°C en moyenne (N'Guessan *et al.*, 2014).

### **I.1.3. Végétation**

La région de Daloa se caractérise par une flore très variée et présente deux types de végétations bien distinctes. La zone forestière et la zone de savane préforestière. La zone forestière occupe la majeure partie de la région et se caractérise par une forêt semi-décidue à *Celtis spp et Triplochiton scleroxylon* (samba) tandis que la zone de savane préforestière est dominée par des savanes à rôniers sur les sols hydromorphes, des savanes herbeuses post culturales ou des savanes alluviales sur les bordures du fleuve Sassandra et enfin des savanes arbustives. Mais cette végétation naturelle a été fortement modifiée du fait de l'occupation humaine qui est très forte dans cette région. La forêt dense semi-décidue a fait place à des zones de cultures pérennes et vivrières, à des jachères (Koffie-Bikpo & Kra, 2013).

### **I.1.4. Hydrographie**

Le réseau hydrographique de la région de Daloa est dominé par le fleuve Sassandra. La Lobo, principal affluent du Sassandra est le second cours d'eau le plus important. Les grandes rivières de la Dê et la Gôré complètent le tableau hydrographique de la région. Ces cours d'eau sont caractérisés par un régime tropical de transition : étiage de Janvier à Mai et crues en Septembre et Octobre. Tous ces cours d'eau présentent tout le long de leur parcours de grandes plaines

alluviales propices aux cultures irriguées et autres cultures légumières de contre-saison (Kouadio, 2015).

#### **I.1.5. Sols dans la région de Daloa**

Des études menées par AFES (2011) et Kassin *et al.* (2016) ont permis d'indiquer que les sols rencontrés dans la Région de Daloa appartiennent au vieux socle précambrien composé de granite. Ce sont des sols majoritairement ferrallitiques caractérisés par une couche humifère épaisse, l'accumulation de la matière, un fort taux d'altération des minéraux. Mais on y rencontre aussi des sols hydromorphes organiques. Selon les différentes caractéristiques rencontrées, on distingue dans la région de Daloa :

- des sols ferrallitiques faiblement, moyennement à fortement désaturés typiques, appauvris, remaniés, rajeunis, humifères, curassés ou indurés. Ces sols sont épais et profond, de profil A(B) C ou ABC, présentant une décomposition poussée de la matière organique, une altération complète des minéraux, une base échangeable faible à moyenne, un degré de saturation moyennement élevé et une structure variable.

- des sols hydromorphes moyennement organiques à pseudogley, gley, stagnogley caractérisés par une accumulation et une décomposition de la matière organique sur 20 à 40 cm et la présence d'hydromorphie temporaire ou permanente en surface.

Globalement, les sols de la région de Daloa présentent de bonnes aptitudes agricoles et se prêtent à tous les types de culture (Zro *et al.*, 2016).

**DEUXIEME PARTIE :**  
**MATERIEL ET METHODES**



## II.1. Caractéristiques de la parcelle expérimentale

L'étude a été réalisée sur l'une des parcelles expérimentales de 4ha de l'Université Jean Lorougnon Guédé, au quartier Tazibou situé entre 6°42 et 6°44 de latitude Nord et de 6°91 et 6°93 de longitude Ouest dans la ville de Daloa (Figure 3). Le paysage est constitué par des unités horizontales et subhorizontales dont les pentes ne dépassent pas 8 %. Le régime hydrique de surface est moyen. La végétation est un système agroforestier qui intègre à la fois les cultures pérennes (cacao, café, anacarde) et cultures vivrières associées aux arbres forestiers. Le sol est de type ferrallitique moyennement lessivés ou désaturés présentant de bonnes aptitudes agricoles pour tous les types de cultures (Zro *et al.*, 2016).

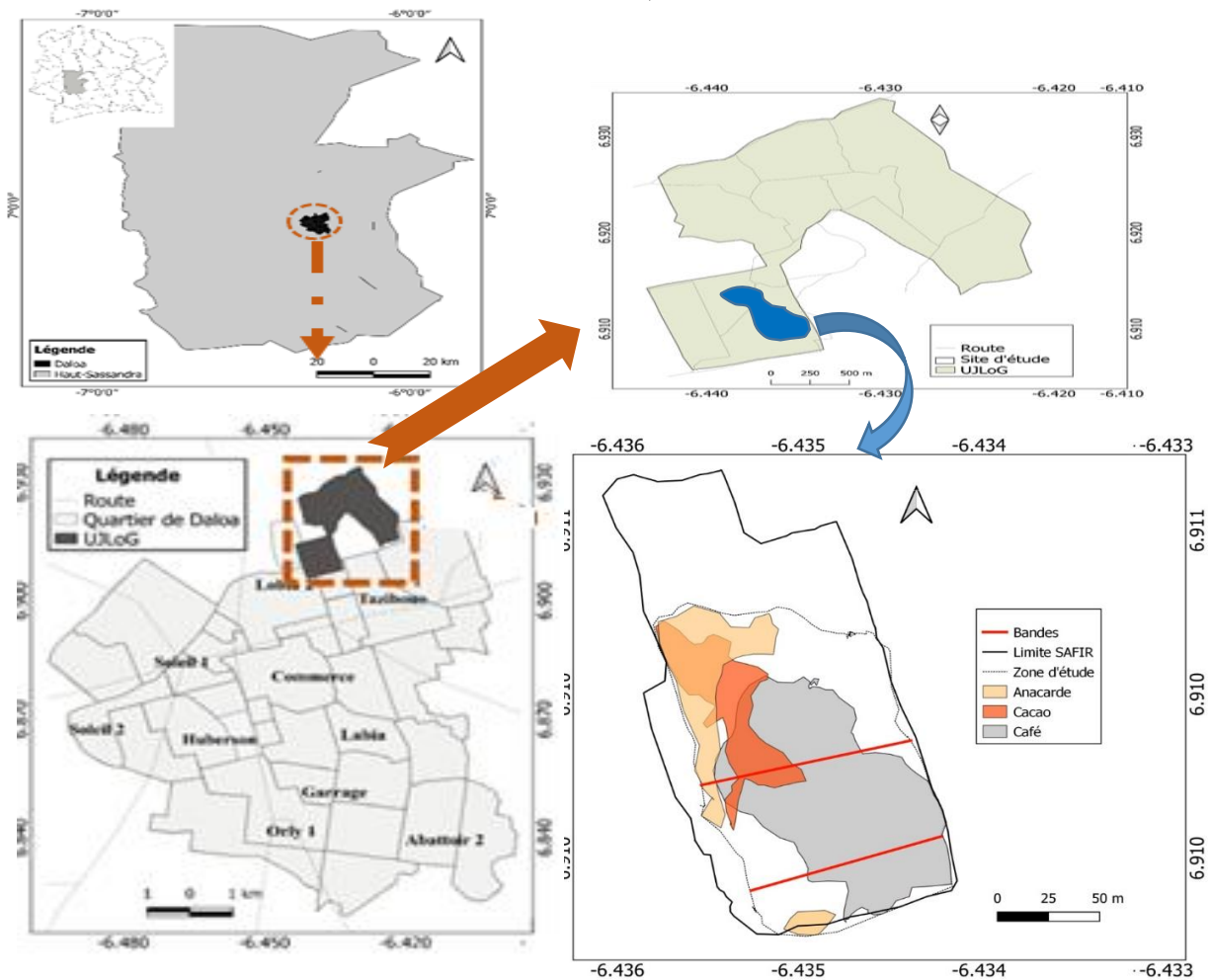


Figure 1 : Localisation du site expérimental à l'Université Jean Lorougnon Guédé

## II.2. Matériel

Le matériel ayant servi à la réalisation de cette étude est principalement composé de matériel de terrain, de laboratoire et de traitement statistique.

### II.2.1. Matériel de terrain

Pour faire les prélèvements des échantillons de sol sur le terrain, les outils utilisés étaient les suivants :

- un GPS pour géolocaliser et cartographier le site (figure 4.a) ;
- un mètre - ruban pour les mesures sur le terrain (figure 4.b) ;
- une tarière pour prélever les échantillons (figure 4.c) ;
- une machette pour délimiter les layons (figure 4.d) ;
- un pot de peinture et un pinceau pour marquer les bandes de prélèvements ;
- des récipients et des sacs en plastique pour collecter les échantillons.



(a) GPS



(b) Mètre - Ruban



(c) Tarière



(d) Machette

**Figure 2** : Quelques outils utilisés sur le terrain

### **II.2.2. Matériel de laboratoire**

Le matériel de laboratoire pour les analyses des paramètres chimiques est composé d'un ensemble d'appareillage et de produits chimiques d'usage commun et spécifique de laboratoire utilisés pour les mesures et la préparation des échantillons de sol pour les analyses chimiques.

### **II.2.3. Matériel et logiciels de traitement statistique des données**

Pour l'exploitation des données recueillies, nous avons eu besoin de :

- un ordinateur pour la rédaction du mémoire ;
- un tableur Excel pour la saisie des données ;
- un logiciel d'analyse statistique (SAS 9.4) pour le traitement statistique des données.

## **II.3. Méthodes**

### **II.3.1. Points d'échantillonnage du sol et dispositif expérimental**

Trente (30) points d'échantillonnages du sol ont été déterminés à savoir 10 points par niveau de la toposéquence c'est-à-dire au sommet, à mi- versant, au bas de versant dans la direction Nord-Sud sur la parcelle expérimentale dans des endroits non encore contaminés par des engrais afin d'avoir des résultats assez fiables de l'analyse du sol. Les 10 points d'échantillonnages sont reparti de sorte à ce que 5 points d'échantillonnages soient destinés aux prélèvements de 0-10 cm et les 5 autres points aux prélèvements de 10-20 cm.

Un dispositif en split-plot avec trois facteurs que sont, la saison du climat, les profondeurs d'échantillonnage les niveaux topographiques a été mis en place pour l'étude. Deux périodes du climat (période sèche et période humide) ont été considérées, de même que deux niveaux de prélèvement du sol (0-10cm et 10-20cm). Quant à la toposéquence, les prélèvements ont été respectivement effectués au sommet, à mi- versant et au bas de versant.

### **II.3.2. Prélèvement des échantillons de sol**

Sur l'aire d'expérimentation, un prélèvement d'échantillons du sol a été réalisé à la tarière, respectivement entre 0-10 cm et 10-20 cm de profondeur, dans chaque angle et au centre de chaque niveau (sommet, mi-versant et bas de versant) de la toposéquence de la parcelle respectivement en Janvier pendant la saison sèche et en Mai pendant la saison pluvieuse. Au total, 30 échantillons ont été prélevés sur l'ensemble des 4ha et chaque échantillon prélevé dans chaque niveau de la toposéquence a été respectivement séché, broyé et mélangé afin de constituer 1 kg d'échantillon composite pour les analyses en laboratoire.

### **II.3.4. Collecte des données de climat pendant l'expérimentation**

Pendant les prélèvements des échantillons de sol, les données de climat, notamment, la pluie et la température mensuelle ont été respectivement relevées à la station météo installée sur l'espace universitaire. Les données de pluies et de températures moyennes mensuelles ont été enregistrées durant 4 mois (de Décembre à Mars) pendant la grande période de sécheresse (Novembre à Mars) et durant 3 mois (d'Avril à Juin) pendant dans la grande période pluvieuse (d'Avril à Juillet).

### **II.3.5. Analyse des échantillons de sol prélevé**

Les analyses chimiques des échantillons composites du sol prélevés ont porté sur la mesure du pH, la détermination des teneurs de carbone total et de la matière organique, de l'azote total, du phosphore total, du phosphore assimilable, des bases échangeables et la capacité d'échange cationique.

#### **○ Détermination des propriétés chimiques du sol**

Les analyses chimiques de l'échantillon composite du sol ont porté sur la mesure du pH, la détermination des teneurs de carbone total, azote total, phosphore assimilable, bases échangeables et la capacité d'échange cationique (CEC).

#### **○ Détermination du pHeau**

Le pH eau du sol a été déterminé par la méthode électrométrique au pH-mètre, avec une électrode en verre, sur une suspension eau-sol tamisé, dans un rapport sol/solution de 1/2,5. Le pH eau met en évidence l'acidité du sol.

Le mode opératoire consiste à prélever 10g de sol tamisé à 2 mm, après séchage à l'étuve, à 100°C, pendant 24 heures. On ajoute 25 ml d'eau distillée à l'échantillon, et le mélange est bien agité, puis laissé reposer pendant 30 minutes. On plonge ensuite l'électrode en verre du pH-mètre dans le mélange de sol et on fait directement la lecture sur le cadran du pH-mètre après stabilisation.

○ **Détermination du carbone organique total (C) et matière organique (MO)**

Le carbone organique total (C) du sol a été déterminé par la méthode de Walkley et Black (1934). Cette méthode permet de déterminer la concentration du carbone organique total et d'en déterminer celle de la matière organique dans le sol.

Le principe de la méthode de Walkley et Black consiste à oxyder, à froid, le carbone organique total présent dans le sol par une solution de bichromate de potassium ( $K_2Cr_2O_7$ ), en présence d'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ). Le titrage de l'excès du bichromate est fait en milieu fortement acide, au moyen d'une solution de sulfate ferreux 0,5N ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ). La proportion de carbone organique total est déterminée après virage de la solution au brun.

Le mode opératoire consiste à introduire 1g de sol finement broyé (2 mm) dans une fiole cylindrico-conique, de volume 300 ml. On y ajoute à la burette, 10 ml de bichromate 1N et, à l'éprouvette, 20 ml d'acide sulfurique concentré à échantillon. Le mélange est vigoureusement agité pendant 1 minute, et laissé reposer pendant 30 minutes.

On ajoute, par la suite à l'homogénéat, respectivement, 200 ml d'eau distillée, 10 ml d'acide phosphorique ( $H_3PO_4$ ) et 10-15 gouttes de solution indicatrice de ferroïne (phénanthroline monohydraté,  $C_{12}H_8N_2 \cdot 7H_2O$ ). Un témoin (T) est également préparé dans les mêmes conditions, sans l'échantillon de sol. On titre directement l'excès de bichromate de potassium par la solution de sulfate ferreux 0,5N, à l'aide d'une burette.

On note le volume de la solution de sulfate ferreux versé après virage au brun de l'homogénéat, puis on détermine la proportion de carbone et de matière organique par les formules suivantes :

$$\bullet \text{ Carbone total-C (p.c.)} = \frac{\text{Volume (T) de sulfate ferreux} - \text{Volume (E) de Sulfate ferreux}}{\text{Poids échantillon} \times \text{Volume (T) de sulfate ferreux}} \times 10 \times 0,004 \times 100 \quad (1)$$

où 10 = volume de bichromate initialement ajouté (ml) et 0,004 = nombre de g de C par ml de bichromate.

$$\bullet \text{ Matière organique-MO (p.c.)} = \text{Carbone total} \times 1,724 \quad (2)$$

○ **Détermination de l'azote total**

L'azote total est l'ensemble des formes d'azotes (azote ammoniacal et azote organique) présent dans le sol. L'azote total sera déterminé par la méthode de Kjeldahl modifiée (Diack & Loum, 2014)

Le principe de cette méthode consiste à transformer, en milieu acide, les composés organiques azotés en sulfate d'ammoniaque  $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ , en présence d'acide sulfurique concentré ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), à chaud, et d'un mélange de catalyseurs ( $\text{K}_2\text{SO}_4$  et  $\text{CuSO}_4$ ). L'ammoniaque ainsi formé est déplacé de ses combinaisons par la soude ( $\text{NaOH}$ ) concentrée, distillée par entraînement de vapeur, recueilli dans une solution d'acide borique ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) et dosé par l'acide sulfurique titré.

Le mode opératoire consiste à introduire dans un matras de 300 ml, 2g d'échantillon (E) de sol finement broyé (2 mm) auxquels on ajoute 3g de catalyseurs. Le mélange du matras est rendu homogène et additionné à 15 ml d'acide sulfurique concentré, fermé avec un entonnoir, puis mélangé et chauffé pendant 1 heure, jusqu'à la décoloration complète du contenu du matras. Après refroidissement, les abords de l'entonnoir et du col du matras sont rincés avec 20 ml d'eau distillée et complétés au contenu du matras, adapté à un appareil à distiller, avec entraînement de vapeur. La distillation est réalisée avec 60 ml de soude 10 N et l'ammoniac qui se dégage sous la forme de vapeur est recueilli dans un bécher contenant 20 ml d'acide borique, ainsi que quelques gouttes d'indicateur. On titre ensuite la solution d'acide borique avec l'acide sulfurique N/10 à l'aide d'une burette.

On note le volume (T) de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  versé après virage au gris sale de la solution, et on détermine la concentration d'azote total par la formule suivante :

$$\bullet \text{ Azote total-N (p.c.)} = \frac{\text{Volume (T)} - \text{Volume (E)}}{\text{Volume (T) d'acide sulfurique} \times \text{Volume (T) d'acide sulfurique}} \times 1,008 \times 100 \quad (3)$$

où 1,008 est le nombre de mg d'azote-N par ml d'acide sulfurique.

○ **Détermination du phosphore assimilable**

Le phosphore assimilable ( $P_2O_5$ )<sub>pass</sub> a été déterminé par la méthode Olsen-Dabin décrite par Bonneau et Souchier (1994). Le phosphore assimilable du sol est extrait par une solution de bicarbonate de sodium ( $NaHCO_3$  ; 0,5N), pH 8,5.

Le principe de cette méthode est basé sur le fait que, dans le sol, la solution d'extraction (le bicarbonate de sodium) abaisse la concentration des ions  $Ca^{2+}$  en les précipitant sous forme de carbonate de calcium ( $CaCO_3$ ). Ce qui augmente la concentration d'ions phosphate dans la solution. Le phosphore dans l'extrait est dosé sur un autoanalyseur, en mesurant l'intensité du complexe bleu phosphomolybdique.

Le protocole expérimental a consisté, dans un premier temps, à préparer les solutions étalons, le filtrat et le blanc, selon le protocole du tableau III.

**Tableau III** : Protocole de dosage du phosphore assimilable

N° des tubes	Etalons					Blanc	Essai
	1	2	3	4	5	6	7
Solution mère de P (40ppm) en ml	0	0,5	1	1,5	2	0	0
Poids de l'échantillon (g)	0	0	0	0	0	0	1
Solution d'extraction (ml)	100	99,5	99	88,5	98	50	50
Solution étalon à ppm de phosphate en ml	0	0,2	0,4	0,6	0,8	0	0
Solutions échantillon et blanc (ml)	0	0	0	0	0	filtrat	filtrat

Dans un deuxième temps, 5 ml de filtrat, de blanc et de solution étalon sont pipetés dans des tubes à essai auxquels on ajoute 0,5ml de  $H_2SO_4$ , 5N. On laisse flocculer la matière organique pendant une nuit et le surnageant est filtré, puis mesuré sur l'autoanalyseur manifold P-OLSEN. Les concentrations de phosphore assimilable sont déterminées à partir d'une courbe étalon et calculées selon la formule suivante :

- Phosphore assimilable ( $P_2O_5$ )<sub>as</sub> (ppm) = (a - b) × 50

Où a est le phosphore-P (ppm) mesuré pour l'échantillon ; b est le phosphore-P (ppm) mesuré pour le blanc et 50, le volume d'extraction initial à blanc.

○ **Détermination de la capacité d'échanges des cations et bases échangeables**

La capacité d'échange cationique (CEC) et les bases échangeables ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{K}^+$ ) sont extraites par rinçage d'une solution d'acétate d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ , 1N) à pH 7.

Le principe de cette méthode est basé sur le fait que la quantité d'ammonium retenue par le sol après lavage de l'excès d'acétate d'ammonium est exprimée en capacité d'échange des cations (CEC). L'ammonium retenu est libéré par percolation, et déterminé par autoanalyseur. Les bases échangeables ( $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ ) sont déterminées par spectrophotométrie d'absorption atomique et, le  $\text{K}^+$ , par photométrie à flamme, dans le percolât.

Le mode opératoire consiste à placer au fond d'un tube de percolation, un tampon de coton et à y déposer, respectivement, une couche de 1cm de sable (5g), un mélange homogène de sol (2,5g) et de sable purifié (10g), puis une nouvelle couche de 1cm de sable. Un essai à blanc de sable purifié est parallèlement préparé dans les mêmes conditions.

Le rinçage est effectué avec 50 ml d'acétate d'ammonium 1M et le percolât est recueilli dans des fioles de 50 ml, puis complété à volume avec l'acétate d'ammonium 1M. L'excès d'acétate d'ammonium est ensuite éliminé par rinçage, avec 50 ml d'éthanol 96 p.c. et les essais sont repercolés avec 50 ml de chlorure de sodium acidifié dans des fioles de 50 ml, puis complétés à volume. Parallèlement à la percolation, une gamme étalon est préparée (Tableau IV) :

**Tableau IV** : Préparation des tubes étalons pour les mesures des quantités des bases échangeables

N° des tubes	Gamme étalon				
	1	2	3	4	5
Solution mère de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (700ppm)					
et de NaCl acidifié	0	5	10	15	20
Solution mère de K (250ppm)	0	12,5	25	37,5	50
Solution mère de Ca (1000ppm)	0	50	100	150	200
Solution mère de Mg (100ppm)	0	5	10	15	20
Acétate d'ammonium 1M	0	50	50	50	50

La gamme étalon, les blancs et les échantillons sont passés à l'autoanalyseur, manifold azote total, sensibilité à 0, 60 pour 50 mV et les hauteurs de pic de la gamme étalon, des blancs et des échantillons sont mesurées par rapport au tracé de la ligne de base.

Les valeurs de la CEC des blancs (B) et des échantillons (E) sont déterminées à l'aide de la gamme étalon, selon la formule suivante :



- Capacité d'échanges cationiques-CEC = (Valeur CEC (E) - Valeur CEC B)) × h (4)  
Où h est la hauteur (cm)

Le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) sont mesurés par absorption atomique. Pour ce faire, 1 ml de la gamme étalon et de percolât d'acétate d'ammonium est pipeté dans des tubes à essai et complété avec 15 ml d'eau distillée, puis lu à la spectrophotométrie d'absorbance atomique, à la longueur d'onde  $\lambda = 422 \text{ nm}$  (Ca) et  $\lambda = 485 \text{ nm}$  (Mg).

Le potassium (K) est mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre à flamme, dans les gammes et les échantillons.

Les valeurs des bases échangeables ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{K}^+$ ) sont déterminées à l'aide de la gamme étalon et calculées selon les formules suivantes :

$$\text{Calcium-}\text{Ca}^{2+} \text{ (ppm)} = 0,100 (\text{Valeur Calcium (E)} - \text{Valeur Calcium (B)}) \quad (5)$$

$$\text{Potassium-}\text{K}^+ \text{ (ppm)} = 0,051 (\text{Valeur Potassium (E)} - \text{Valeur Potassium(B)}) \quad (6)$$

$$\text{Magnésium-}\text{Mg}^{2+} \text{ (ppm)} = 0,165 (\text{Valeur Magnésium(E)} - \text{Valeur Magnésium(B)}) \quad (7)$$

#### ○ Détermination de la somme des bases échangeables

Les bases échangeables sont le Calcium- $\text{Ca}^{2+}$ , le magnésium- $\text{Mg}^{2+}$ , le potassium- $\text{K}^+$  et le sodium-  $\text{Na}^+$ . La somme des bases échangeables (SBE) est simplement leur somme.

$$\text{SBE} = \sum \text{még Bases échangeables}$$

#### ○ Détermination du volume de saturation des bases

Le volume de saturation en bases est la somme des bases échangeables plus la capacité d'échange cationique multipliée par 100. On l'exprime en %. Les bases échangeables sont le Calcium- $\text{Ca}^{2+}$ , le magnésium- $\text{Mg}^{2+}$ , le potassium- $\text{K}^+$  et le sodium-  $\text{Na}^+$  On a :

$$\% \text{ Saturation en bases} = (\sum \text{még Bases échangeables} / \text{CEC}) \times 100$$

### **II.3.6. Traitement statistique des données**

Les données climatiques fournies par la station météo de l'Université pendant l'expérimentation ont permis de faire des représentations graphiques (diagrammes ombrothermiques) pour exposer les conditions climatiques sèches et pluvieuses pendant l'expérimentation.

Les données chimiques ont été soumises à une analyse de variance, réalisée avec le logiciel SAS V9.4.

La comparaison des moyennes a été effectuée au test de Student-Newman-Keuls au seuil de  $\alpha = 0,05$ .

.

**TROISIEME PARTIE :**  
**RESULTATS ET DISCUSSION**

### III.1. Résultats

#### III.1.1. Pluie et température enregistrées pendant les prélèvements des échantillons du sol

La figure 5 présente les diagrammes ombrothermiques montrant les conditions du climat, notamment, les hauteurs des pluies et les relevés de températures mensuelles durant l'échantillonnage du sol. On note que pendant les prélèvements des premiers échantillons de sol en Janvier pour la période de la grande sécheresse (Figure 5A), la hauteur moyenne mensuelle de la pluie était de 3 mm avec une température moyenne mensuelle de 28°C. En condition pluvieuse en Mai (Figure 5B), les deuxièmes prélèvements des échantillons de sol ont eu lieu et la hauteur moyenne mensuelle de la pluie ainsi que la température ont été respectivement de 185 mm et 25°C.

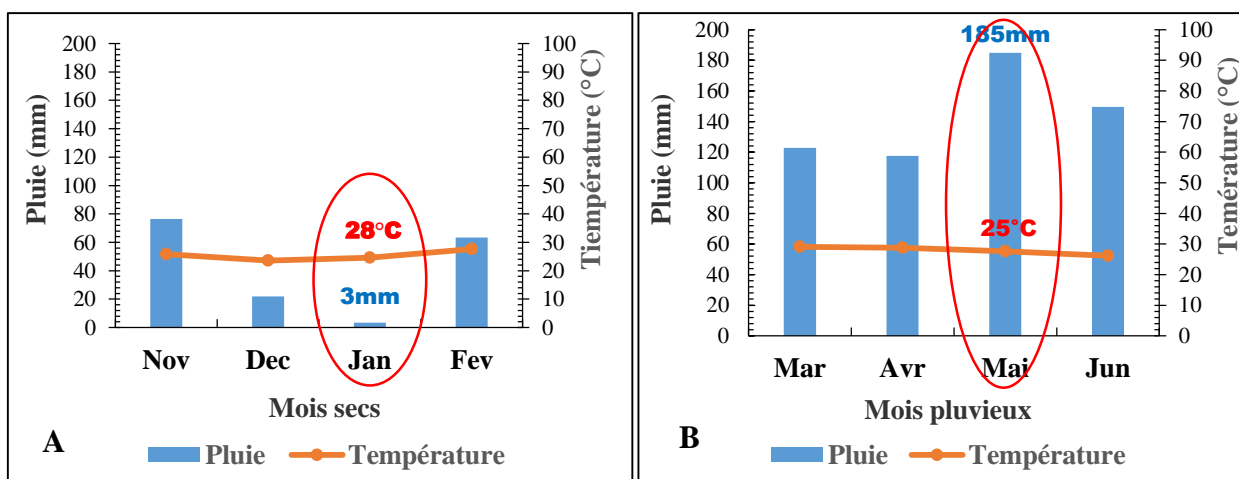


Figure 3 : Diagrammes ombrothermiques pendant l'expérimentation

A : Saison sèche ; B : Saison pluvieuse

#### III.1.2. Répartition des éléments nutritifs du sol en fonction de la toposéquence et des saisons

Les tableaux IV et V présentent la répartition globale des éléments nutritifs du sol, respectivement, pendant les périodes sèche (Figure IV) et pluvieuse (Figure V) en fonction du niveau de la toposéquence (Sommet, Mi-versant et Bas-versant). On note que pendant la saison sèche, il y a une variabilité significative ( $p < 0,05$ ) des valeurs moyennes des éléments nutritifs du sol selon les niveaux de la toposéquence pour le pH témoignant l'acidité du sol, les cations échangeables (Potassium-K et Calcium-Ca), la somme des bases échangeables (SBE) et le volume de saturation du complexe absorbant ( $V_{sat}$ ).

**Tableau V** : Comparaison des moyennes des éléments nutritifs du sol en fonction de la toposéquence en saison sèche

<b>Saison sèche</b>													
	Acidité	Matière organique et Azote (%)				Cations échangeables (cmol/kg)					Complexe absorbant (cmol/kg)		
<b>Niveaux topos</b>	pH	MO	C	N	C/N	Pass	K	Ca	Mg	Na	SBE	CEC	Vsat
<b>Sommet</b>	6,0b	2,09a	1,22a	0,10a	12,36a	0,48a	1,36ab	4,71b	0,46a	0,24a	6,78b	16,80a	39,99b
<b>Mi-versant</b>	6,0b	2,06a	1,20a	0,09a	12,69a	0,48a	1,16b	3,84b	0,52a	0,20a	5,73b	17,02a	33,65b
<b>Bas de versant</b>	6,9a	2,20a	1,28a	0,11a	11,68a	0,49a	1,55a	13,11a	0,66a	0,26a	15,58a	21,14a	71,33a
Moyenne	6,3	2,13	1,24	0,10	12,24	0,48	1,36	7,22	0,56	0,24	9,37	18,32	48,32
CV (%)	5,1	1,03	0,60	15,96	13,57	23,92	13,33	67,13	41,52	26,72	53,16	18,25	39,74
Pr > F	0,0002	0,600	0,599	0,294	0,573	0,991	0,007	0,008	0,344	0,313	0,007	0,070	0,009

Les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de  $\alpha = 0,05$

**Tableau VI** : Comparaison des moyennes des éléments nutritifs du sol en fonction de la toposéquence en saison pluvieuse

<b>Saison pluvieuse</b>													
	Acidité	Matière organique et Azote (%)				Cations échangeables (cmol/kg)					Complexe absorbant (cmol/kg)		
<b>Niveaux topos</b>	pH	MO	C	N	C/N	Pass	K	Ca	Mg	Na	SBE	CEC	Vsat
<b>Sommet</b>	5,9b	2,29a	1,33a	0,10a	12,65a	0,63a	1,55a	6,59a	3,17a	0,33a	8,75a	17,13a	51,07a
<b>Mi-versant</b>	6,3a	1,89b	1,10b	0,09a	12,58a	0,57a	1,45a	5,15a	0,43b	0,29a	7,34a	17,05a	42,98ab
<b>Bas de versant</b>	6,5a	1,84b	1,07b	0,08a	11,64a	0,44b	1,44a	3,17b	0,31b	0,27a	5,49b	16,30a	33,93b
Moyenne	6,7	2,01	1,17	0,09	12,30	0,54	1,48	4,97	0,45	0,30	7,20	16,83	42,66
CV (%)	4,9	22,43	13,04	16,42	11,05	18,56	11,49	23,69	30,49	21,54	18,34	3,01	18,98
Pr > F	0,020	0,020	0,019	0,119	0,370	0,016	0,479	0,0006	0,0082	0,344	0,0024	0,022	0,008

Les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de  $\alpha = 0,05$ . MO = Matière organique ; C = Carbone ; N = Azote ; C/N = Rapport Carbone/Azote ; Pass = Phosphore assimilable ; K = Potassium ; Mg = Magnésium ; Ca = Calcium ; SBE = Somme des bases échangeables ; CEC= Capacité d'échange cationique ; Vsat = Volume de saturation du complexe absorbant

On note pendant la saison pluvieuse, des variations similaires (valeurs moyennes significatives,  $p < 0,05$ ) des éléments nutritifs du sol ont été également observées pour le pH, la matière organique (MO) et le carbone (C), le phosphore assimilable (Pass), les cations échangeables (Calcium-Ca et le Magnésium-Mg) ainsi que la somme des bases échangeables (SBE) et le volume de saturation du complexe absorbant (Vsat).

Par ailleurs, on observe globalement et indépendamment des saisons (sèche ou pluvieuse) que le sol a un pH qui varie entre 6,3 et 6,7, un taux de matière organique qui oscille entre 2,01% et 2,13% , celui du carbone se trouve entre 1,17 % et 1,24%, l'azote a un taux moyen de 0,09 à 0,10 %, le rapport C/N se situe entre 12,24 et 12,30 et le taux du phosphore assimilable (Pass) varie de 0,48 à 0,54 %. En outre, les teneurs moyennes enregistrées au niveau du potassium (K), du calcium (Ca), du magnésium (Mg) et du sodium (Na) ont été respectivement entre 1,36 et 1,4 cmol/kg, 4,97 et 7,22 cmol/kg, 0,45 et 0,56 cmol/kg, 0,24 et 0,30 cmol/kg. La somme des bases échangeables (SBE) a enregistré une teneur de 7,20 à 9,37 cmol/kg tandis que la capacité d'échange cationique (CEC) affiche une teneur de 16,83 à 18,32 cmol/kg pour un volume de saturation (Vsat) de 42,66 à 48,32%.

### **III.1.2. Variation des éléments nutritifs du sol en fonction des saisons, du niveau de la toposéquence et des horizons**

Les valeurs moyennes des éléments nutritifs du sol réparties selon les niveaux de la toposéquence (Sommet, Mi-versant et Bas-versant) et les horizons à la profondeur 0-10 cm et 10-20 cm en fonction des saisons pluvieuse et sèche sont respectivement présentées dans les tableaux VI et VII (sommet), VIII et IX (Mi-versant), X et XI (Bas-versant).

On note qu'au sommet, aucune variabilité significative ( $p > 0,05$ ) des valeurs moyennes des nutriments du sol n'a été observée dans les horizons 0-10 cm et 10-20 cm aussi bien en période sèche qu'en période pluvieuse ou humide pour tous les nutriments du sol excepté pour le calcium qui a affiché une valeur significative ( $p < 0,053$ ) pendant la période d'humidité.

Explicitement, bien qu'aucune différence statistique n'a été observée statistiquement entre les valeurs moyennes des nutriments du sol aux profondeurs 0-10 cm et 10-20 cm, il faut cependant noter qu'on relève une légère baisse des valeurs moyennes des paramètres chimiques en comparant respectivement les horizons 0-10cm et 10-20cm de la période sèche aux horizons 0-10 cm et 10-20 cm de la période pluvieuse. Autrement dit, aux profondeurs 0-10cm et 10-20 cm, les valeurs moyennes des nutriments en période sèche sont relativement inférieures à celles de la période humide et vis-versa.

**Tableau VII** : Comparaison des moyennes des éléments nutritifs au sommet de la toposéquence en fonction des horizons en saison sèche

		Saison sèche												
Topo.	Horizons	Acidité	Matière organique et Azote (%)				Cations échangeables (cmol/kg)					Complexe absorbant (cmol/kg)		
		pH	MO	C	N	C/N	Pass	K	Ca	Mg	Na	SBE	CEC	Vsat
Sommet	<b>0-10cm</b>	5,8a	2,13a	1,24a	0,11a	11,27a	0,42a	1,34a	3,10a	0,47a	0,22a	5,13a	16,43a	31,38a
	<b>10-20cm</b>	6,2a	2,08a	1,21a	0,09a	13,44a	0,59a	1,39a	6,32a	0,46a	0,26a	8,44a	17,18a	48,59a
	Moy.Gle	6,0	2,10	1,22	0,10	12,36	0,48	1,36	4,71	0,46	0,24	6,78	6,78	39,99
	CV (%)	3,3	17,34	10,08	7,07	10,36	0,24	7,33	62,79	29,52	16,09	43,29	43,29	40,52
	Pr > F	0,070	0,781	0,780	0,026	0,106	0,242	0,573	1,365	0,933	0,279	0,240	0,240	0,263

Les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de  $\alpha = 0,05$ . MO = Matière organique ; C = Carbone ; N = Azote ; C/N = Rapport Carbone/Azote ; Pass = Phosphore assimilable ; K = Potassium ; Mg = Magnésium ; Ca = Calcium ; SBE = Somme des bases échangeables ; CEC= Capacité d'échange cationique ; Vsat = Volume de saturation du complexe absorbant

**Tableau VIII** : Comparaison des moyennes des éléments nutritifs au sommet de la toposéquence en fonction des horizons en saison pluvieuse

		Saison pluvieuse												
Topo.	Horizons	Acidité	Matière organique et Azote (%)				Cations échangeables (cmol/kg)					Complexe absorbant (cmol/kg)		
		pH	MO	C	N	C/N	Pass	K	Ca	Mg	Na	SBE	CEC	Vsat
Sommet	<b>0-10cm</b>	6,0 a	2,42a	1,41 a	0,11a	12,81a	0,58a	1,48a	4,09 a	0,63a	0,28a	6,48a	16,05a	40,49a
	<b>10-20cm</b>	5,9a	2,15a	1,25a	0,10a	12,50a	0,56a	1,41a	2,26a	0,57a	0,27 a	4,51a	16,55a	27,37a
	Moy.Gle	5,9	2,28a	1,33a	0,10	12,65	0,57	1,44	3,173	0,60	0,27	5,49	16,30	33,93
	CV (%)	3,7	15,96	9,28	6,73	10,11	20,04	6,92	25,99	22,75	15,59	19,87	3,19	22,72
	Pr > F	0,613	5,958	5,950	0,158	0,776	0,865	0,439	0,053	0,657	0,721	0,091	0,304	0,105

Les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de  $\alpha = 0,05$ . MO = Matière organique ; C = Carbone ; N = Azote ; C/N = Rapport Carbone/Azote ; Pass = Phosphore assimilable ; K = Potassium ; Mg = Magnésium ; Ca = Calcium ; SBE = Somme des bases échangeables ; CEC= Capacité d'échange cationique ; Vsat = Volume de saturation du complexe absorbant

A mi-versant, les variations des éléments du sol n'ont globalement pas affiché de différence significative ( $p > 0,05$ ) dans les horizons 0-10cm et 10-20cm quelle que soit la saison, sèche ou humide. Cependant, il convient d'indiquer que pendant la saison sèche, les valeurs moyennes du Calcium-Ca ( $p < 0,0001$ ), de la somme des bases échangeables-SBE ( $p = 0,0001$ ) et du volume de saturation du complexe absorbant-Vsat ( $p < 0,0001$ ), ont été très significatives ( $p < 0,0005$ ). A ce niveau de la toposéquence, les valeurs moyennes des paramètres du sol aux profondeurs 0-10 cm et 10-20 cm en période sèche sont sensiblement identiques par comparaison à celles des profondeurs 0-10 cm et 10-20cm de la période pluvieuse. Autrement dit, à mi-versant, il y a une répartition équitable des nutriments du sol quelle qu'en soit la saison sèche ou humide.

Au bas-versant, la répartition des valeurs moyennes des éléments nutritifs dans les horizons du sol ont été similaires que dans les niveaux précédents (Sommet et Mi-versant) sans montrer de différence significative entre les horizons 0-10 cm et 10-20 cm quelle qu'en soit la saison sèche ou pluvieuse. Par ailleurs, pendant la saison pluvieuse, le potassium-K ( $p = 0,028$ ) et le volume de saturation du complexe absorbant-Vsat ( $p = 0,050$ ) ont été respectivement significatives ( $p < 0,05$ ). On note aussi que les valeurs moyennes des paramètres chimiques du sol sont relativement plus élevées dans les horizons 0-10cm et 10-20 cm en période sèche que dans les horizons 0-10cm et 10-20 cm en période humide.



**Tableau IX** : Comparaison des moyennes des éléments nutritifs à mi-versant de la toposéquence en fonction des horizons en saison sèche

		Saison sèche												
		Acidité	Matière organique et Azote (%)				Cations échangeables (cmol/kg)					Complexe absorbant (cmol/kg)		
Topo	Horizons	pH	MO	C	N	C/N	Pass	K	Ca	Mg	Na	SBE	CEC	Vsat
Mi-versant	0-10 cm	6,1a	2,15a	1,25a	0,10a	13,88a	0,54a	1,05a	6,56a	0,59a	0,21a	8,40a	17,02a	49,36a
	10-20 cm	5,9a	1,98a	1,15a	0,09a	11,50a	0,42	1,28a	1,13b	0,44a	0,20a	3,05a	17,02a	17,93a
	Moy. Gle	6,0	2,06	1,20	0,09	12,69	0,48	1,16	3,84	0,52	0,20	5,73	17,02	33,65
	CV (%)	5,3	13,64	7,93	10,52	13,40	16,38	25,98	4,12	26,83	42,10	7,66	0,72	6,94
	Pr > F	0,481	0,288	0,267	0,287	0,160	0,126	0,410	<,0001	0,247	0,894	0,0001	1,000	<,0001

Les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de  $\alpha = 0,05$ . MO = Matière organique ; C = Carbone ; N = Azote ; C/N = Rapport Carbone/Azote ; Pass = Phosphore assimilable ; K = Potassium ; Mg = Magnésium ; Ca = Calcium ; SBE = Somme des bases échangeables ; CEC= Capacité d'échange cationique ; Vsat = Volume de saturation du complexe absorbant

**Tableau X** : Comparaison des moyennes des éléments nutritifs à mi-versant de la toposéquence en fonction des horizons en saison pluvieuse

		Saison pluvieuse												
		Acidité	Matière organique et Azote (%)				Cations échangeables (cmol/kg)					Complexe absorbant (cmol/kg)		
Topo.	Horizons	Ph	MO	C	N	C/N	Pass	K	Ca	Mg	Na	SBE	CEC	Vsat
Mi-versant	0-10cm	6,4a	1,98a	1,15a	0,10a	11,50a	0,43a	1,44a	6,70a	0,40a	0,27a	8,81a	17,18a	51,25a
	10-20cm	6,3a	1,82a	1,06a	0,09a	11,78a	0,44a	1,45a	6,48a	0,46a	0,31a	8,70a	17,09a	50,89a
	Moy.Gle	6,6	1,89	1,10	0,09	11,64	0,44	1,45	6,59	0,43	0,29	8,75	17,13	51,07
	CV (%)	5,3	14,61	8,61	10,53	14,61	17,98	20,89	8,98	32,42	30,60	9,62	0,72	9,16
	Pr > F	0,736	0,315	0,311	0,288	0,851	0,907	0,959	0,668	0,623	0,584	0,884	0,422	0,931

Les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de  $\alpha = 0,05$ .

MO = Matière organique ; C = Carbone ; N = Azote ; C/N = Rapport Carbone/Azote ; Pass = Phosphore assimilable ; K = Potassium ; Mg = Magnésium ; Ca = Calcium ; SBE = Somme des bases échangeables ; CEC= Capacité d'échange cationique ; Vsat = Volume de saturation du complexe absorbant

**Tableau XI:** Comparaison des moyennes des éléments nutritifs au bas-versant de la toposéquence en fonction des horizons en saison sèche

		Saison sèche												
		Acidité	Matière organique et Azote (%)				Cations échangeables (cmol/kg)					Complexe absorbant (cmol/kg)		
Topo	Horizons	pH	MO	C	N	C/N	Pass	K	Ca	Mg	Na	SBE	CEC	Vsat
<b>Bas-versant</b>	0-10 cm	6,9a	2,32a	1,35a	0,11a	12,27a	0,50a	0,48a	13,18a	0,71a	0,24a	15,70a	20,96a	73,31a
	10-20 cm	6,9a	2,10a	1,22a	0,11a	11,09a	0,48a	1,54a	13,04a	0,60a	0,28a	15,47a	21,31a	69,34a
	Moy. Gle	6,9	2,20	1,28	0,11	11,68	0,49	1,55	13,11	0,66	0,26	15,58	21,14	71,33
	CV (%)	1,0	28,84	16,77	23,17	10,09	28,07	2,59	61,21	57,19	26,66	53,42	30,44	35,13
	Pr > F	1,000	0,503	0,501	1,000	0,287	0,853	0,518	0,984	0,730	0,555	0,974	0,950	0,856

Les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de  $\alpha = 0,05$ . MO = Matière organique ; C = Carbone ; N = Azote ; C/N = Rapport Carbone/Azote ; Pass = Phosphore assimilable ; K = Potassium ; Mg = Magnésium ; Ca = Calcium ; SBE = Somme des bases échangeables ; CEC= Capacité d'échange cationique ; Vsat = Volume de saturation du complexe absorbant

**Tableau XII:** Comparaison des moyennes des éléments nutritifs au bas-versant de la toposéquence en fonction des horizons en saison pluvieuse

		Saison pluvieuse												
		Acidité	Matière organique et Azote (%)				Cations échangeables (cmol/kg)					Complexe absorbant (cmol/kg)		
Topo	Horizons	pH	MO	C	N	C/N	Pass	K	Ca	Mg	Na	SBE	CEC	Vsat
<b>Bas-versant</b>	0-10 cm	6,5a	1,93a	1,12a	0,09a	12,44a	0,62a	1,60a	6,22a	0,27a	0,33a	8,42a	16,98a	49,59a
	10-20 cm	6,5a	1,75a	1,02a	0,08a	12,75a	0,63a	1,50b	4,08 a	0,36a	0,33a	6,27a	17,13a	36,37a
	Moy.Gle	6,5	1,84	1,07	0,08	12,59	0,63	1,55	5,15	0,31	0,33	7,34	17,05	42,98
	CV (%)	6,62	1,84	1,07	29,99	12,02	21,95	2,42	20,94	51,57	21,25	16,29	4,44	13,64
	Pr > F	1,000	0,600	0,600	0,656	0,817	0,927	0,028	0,071	0,518	0,956	0,092	0,820	0,050

Les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de  $\alpha = 0,05$ .

MO = Matière organique ; C = Carbone ; N = Azote ; C/N = Rapport Carbone/Azote ; Pass = Phosphore assimilable ; K = Potassium ; Mg = Magnésium ; Ca = Calcium ; SBE = Somme des bases échangeables ; CEC= Capacité d'échange cationique ; Vsat = Volume de saturation du complexe absorbant

## **III.2. Discussion**

### **III.2.1. Variation des conditions climatiques de la zone d'étude**

Les données de climat enregistrées pendant la période de collecte des données ont confirmé les subdivisions du climat de Daloa en deux périodes (sèche et humide) bien distinctes au regard des précipitations et des températures relevées (Koffie-bikpo & Kra, 2013). Cependant, la période de grande sécheresse globalement indiquée par la littérature comme étant la période de Novembre à Mars est marquée par des pluies intermittentes, un raccourcissement ou un prolongement de la période sèche (Nganzoua *et al.*, 2018). Les pluies mensuellement tombées pendant cette période sèche atteignent rarement 80 mm contrairement à celles de la période pluvieuse qui envoisinent les 200 mm mensuellement. Ces déviations climatiques perturbent aussi bien les propriétés du sol que le calendrier agricole et désorientent les populations rurales avec un impact négatif sur les productions agricoles, particulièrement sur les cultures vivrières (Nganzoua *et al.*, 2016).

### **III.2.2. Variation des paramètres chimiques le long de la toposéquence et niveau de fertilité du sol**

L'étude a montré que tous les paramètres chimiques caractérisant la fertilité d'un sol et indispensables à la nutrition des plantes sont répartis tout au long de la toposéquence (Sommet, Mi-versant et Bas versant) mais les teneurs sont peu variables sur les profondeurs 0-10 cm et 10-20 cm considérés, quelle que soit la saison. Cela pourrait s'expliquer, premièrement, par le fait que les pluies tombées ont des hauteurs faibles pour entraîner une bonne infiltration des éléments nutritifs des horizons superficiels vers les horizons les sous-jacents et, deuxièmement, par la faible pente de la toposéquence qui caractérise le site empêchant les mouvements de migrations des éléments dissous de l'eau dans le sol.

En considérant les valeurs moyennes des différentes teneurs des nutriments dans le sol, on peut aisément dire que le sol du site d'étude est faiblement ou peu acide (pH = 6). La matière organique de ce sol (2,1%) et le carbone (1,17-1,24) sont moyens, de même que le rapport C/N (12,24-12,30) aussi. Le phosphore assimilable est faible (0,48-0,54) (Tableau II). Les teneurs des cations échangeables (Calcium, Potassium, Magnésium et Sodium) et de la capacité d'échange cationique ont été très élevées. Ces teneurs en nutriment du sol confirment les taux indicatifs de fertilité observés dans les sols tropicaux selon les travaux de Keita (2000), Assa (2005) et Zro *et al.* (2012) (Tableau II). Ces différents taux de fertilité, indiquent

un sol moyennement fertile (éléments majeurs du sol moyen) et modérément lessivé (taux de saturation moyen). Ce sol a une potentialité agricole ou une aptitude culturale moyenne (Igué, 2009). Le niveau de fertilité chimique moyennement faible serait également dû à la forte dégradation de la couverture végétale exposant le sol du site au soleil et au ruissèlement d'où l'intérêt de faire de ce site un système agroforestier. La mise en place de ce système permettra non seulement la restauration du couvert végétal mais aussi d'éviter la dégradation du sol.

# **CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES**

La détermination de la variation des nutriments de fertilité dans les horizons 0-10 cm et 10-20 cm du sol sur l'ensemble de la parcelle expérimentale a montré que les teneurs des éléments nutritifs minéraux, la capacité d'échange cationique sont accumulés à tous les niveaux de la toposéquence à des teneurs presque identiques dans les profondeurs de 0-10 cm et 10-20 cm du sol, indépendamment des saisons sèche et pluvieuse. Le pH, les teneurs des éléments majeurs (azote, phosphore, potassium), la matière organique, le carbone et le rapport C/N, qui sont respectivement 6 ; 2,1 ; 1,17-1,24 ; 0,38 ; 12,24-12,30 ; 0,48-0,54 sont faibles à moyens par rapport à la norme qui est de 7 pour le pH ; 40, 3-60 pour la matière organique ; 20,5-30 pour le carbone ; 2,3-3 ; 16-25 ; 22 respectivement pour l'Azote, le rapport C/N et le Phosphore assimilable. En revanche, les teneurs moyennes enregistrées pour les cations échangeables (potassium, calcium, magnésium) sont tous élevés par rapport 0,5 ; 0,12-0,13 ; 0,04-0,05 respectivement pour le Potassium, le Calcium, le Magnésium. Il en est de même pour la somme des bases échangeables, la capacité d'échange cationique et le volume de saturation des bases. Ce sol a un niveau de fertilité moyen et une aptitude culturale moyenne. Ce qui peut bien justifier la mise en place d'un système agroforestier pour restaurer la fertilité du sol et assurer durablement la production agricole.

Cependant, la fertilité du sol ne se limite pas seulement à sa composante chimique basée sur les teneurs des nutriments majeurs et oligoéléments des plantes mais aussi à la fertilité physique et biologique. Il est donc nécessaire de compléter cette étude en étudiant la fertilité physique et biologique pour un système de production agroforestière complet. Par ailleurs, il est nécessaire d'étudier la variabilité du climat local pour bien maîtriser les calendriers culturaux surtout pour les cultures vivrières.

## **REFERENCES**

- Adou Y.Y.C., Kpangui K., Vroh B.T.A. & Djakaridja O. (2016). Pratiques culturelles, valeurs d'usage et perception des paysans des espèces compagnes du cacaoyer dans des agrosystèmes traditionnelles au centre de la Côte d'Ivoire, *Revue d'ethnoécologie* 9 : 1-17.
- AFES (2011). Classification des sols, Travaux CPCS 1963-1967. Numérisé par l'Association Française pour l'Etude du Sol pour mise à disposition de la communauté, (Paris, France) 100 p.
- Assa A. (2005). Précis de pédologie : à l'usage des étudiants du premier cycle des études universitaires. Collection Sciences. Edition Universitaire de Côte d'Ivoire, 95 p.
- Bado B.V. (2002). Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse de doctorat, philosophie, université de Laval. Canada, 184 p.
- Cardinael R., Chevallier T., Barthès B. G., Saby N. P., Parent T., Dupraz C., Bernoux M. & Chenu C. (2015). Impact of alley cropping agroforestry on stocks, forms and spatial distribution of soil organic carbon: A case study in a Mediterranean context. *Geoderma*, 259:288-299.
- Dagbo V.A. (2016). Approche statistique de l'analyse de la variabilité et la fertilité des sols Maraîchers de la ville de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Mémoire de Master, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire, 47 p.
- Diarra A., Dali G.C. & Sekongo L.G. (2016). Crise de l'eau potable en milieu urbain : cas de la ville de Daloa. *Revue de Géographie de l'Université Ouaga I*, 2 (5) : 134-135.
- Gala Bi T.I., Camara M., Yao-kouame A., Keli Z. J. (2011). Rentabilité des engrais minéraux en riziculture pluviale de plateau : cas de la zone de Gagnoa dans le centre ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of applied biosciences* 46: 3153 – 3162
- Gavaland A. & Burnel L. (2005). Croissance et biomasse aérienne de noyers noirs en parcelle agroforestière à Les Eduts (Charente-Maritime). Dossiers" agroforesterie: produire autrement". *Chambres d'agriculture*, 945, 20–22.
- Igué A.M. (2009). Impact of Land Use on Chemical and Physical Soil Characteristics in Collines, *Benin. Advances in GeoEcology* 40: 72-80.
- Jama B., Palm C.A., Buresh R.J., Niang A.I., Gachengo C. & Nziguheba G. (2000). Tithonia as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: A review *Agroforestry systems*, 49: 201-221.



- Jegou M. (2017). Instrumentation au laboratoire et sur le terrain de dispositifs de mesures des propriétés physiques des sols. Hal open science 57 p
- Kassin E., Snoeck D., N'guessan JC. Yao-Kouamé A. & Camara M. (2016). Projet de cartographie des sols rapport final CNRA, CIRAD. 17 p.
- Koffie-Bikpo C.Y. & Kra K.S. (2013). La région du Haut-Sassandra dans la distribution des produits vivriers agricoles en Côte d'Ivoire. *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, 2 : 95-105.
- Kouadio K.F. (2015). Contributions des biotechnologies à la sécurité alimentaire : cas du biofertilisant organique (symbiose *Anabaena-Azollae*, *Azolla filiculoides*) sur *oryza sativa* (riz CB-one) en Côte d'Ivoire. Mémoire de master en science des biotechnologies, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire), 50 p.
- Legros J.P. (2007). Les grands sols du monde. 1<sup>ère</sup> Edition Collection, Science et ingénierie de l'environnement, EPFL Press, Paris (France) 574 p
- Mulaji K.C. (2011). Utilisation des composts de bio-déchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la province de Kinshasa (république démocratique du Congo). Thèse de doctorat, Gembloux agro-bio tech, université de liège, (Belgique) 220 p.
- N'ganzoua K.R., Yao-Kouamé A., Koné B., Konan K.F., Zadi F., Traoré M.J., Dick A. & Koné D (2016). Variations of Rainfall and Air Temperature affecting Rainfed Rice Growth and Yield in a Guinea Savanna Zone, *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 5(1) : 65-77
- N'ganzoua K.R., Adechina O., Ouattara A., Kouame E. (2018). Impact of drought on the physicochemical properties of a hydromorphic soil in Bouaké (central Côte d'Ivoire), *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 5(10) : 77-82.
- N'ganzoua K.R., Kouamé A.G., Vouli B.B.N.B. & Bakayoko S. (2021). Impact of Agroforestry Systems on Mineral Fertility of Soils under Cocoa Trees in Toumodi (Côte D'ivoire), *International Journal of Plant & Soil Science*, 33(17): 10-22
- N'Guessan, A.H., N'Guessan, K.F., Kouamé, N.N., Kouassi, K.P. & N'Guessan, W.P. (2016) Distribution géographique et importance des dégâts de foreurs des tiges dans le verger de cacaoyers de Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 27 : 4282-4292.
- Penot E. (1995). Améliorer les systèmes complexes indonésiens à base d'hévéa tout en

- conservant leur nature et leurs avantages. *Agroforestry Today* 7(3) : 11-13
- Pottiez R. (2005). Faisabilité du développement de l'agroforesterie dans la Somme—Etude de l'intérêt des agriculteurs pour l'adoption de cette pratique. Mémoire master, Option :Gestion Intégrée des Agrosystèmes et des Forêts, Ecole Nationale d'Ingénieurs (Bordeaux,France), 75p.
- Pousset J. (2017). Engrais verts et fertilité des sols. 4ème Editions *France Agricole*,Paris(France) 4ème Editions 370p
- RGPH. (2014). Recensement Général de la Population et de l'Habitat, Rapport d'exécution et présentation des principaux résultats (Abidjan, Côte d'Ivoire), 49 p.
- Rice R.A. & Greenberg R. (2000). Cacao Cultivation and the Conservation of Biological Diversity. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 29(3) : 167-173.
- Sonwa D.J., Weise S.F., & Janssens M.J.J. (2002) Conservation et gestion durable des écosystèmes des forêts tropicales humides de l'Afrique centrale, étude de cas d'aménagement forestier exemplaire en Afrique centrale: Les systèmes agroforestiers cacaoyers Cameroun. 49 p.
- Torquebiau E. (2017). Climate-smart agriculture: pour une agriculture climato-compatible. *Cahiers Agricultures*, 26(6) : 660-661.
- Tuo P., Coulibaly M., Aké D.F., Tamboura A.T. & Anoh K.P. (2016). Ordures ménagères, eaux usées et santé de la population dans la ville de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Regardsuds*, 2 : 195-196.
- Useni S.Y., Chukiyabo K., Ntshomba K.J., Muyambo M.E., Kapalanga K.P., Ntumba N.F., Kasangij .K.K.P., Kyungu K.A., Baboy L.L., Nyembo K.L. & Mpundu M.M. (2013). Utilisation des déchets humains recyclés pour l'augmentation de la production du maïs (*Zea mays* l.) sur un ferrasol du sud- est de la RDd congo. *Journal of applied biosciences*, 66 : 5070-5081.
- Vaast P. & Somarriba C.E. (2014). Trade-offs between crop intensification and ecosystem services: the role of agroforestry in cocoa cultivation *AgroForestry Systems*, 88 (6) : p. 947-956.
- Vroh B.T.A., Ouattara D. & Kpangui K.B. (2014). Disponibilité des espèces végétales spontanées à usage traditionnel dans la localité d'Agbaou, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 76 : 6386-6396.
- Walter C., Bispo A., Chenu C., Langlais A. & Schwartz C. (2015). Les services écosystémiques des sols: du concept à sa valorisation. *Cahiers Demeter*, pp 53-68.

- Wessel M. & Quist-Wessel F.P.M. (2015) Cocoa production in West Africa, a review and analysis of recent developments. *NJAS: Wageningen Journal of Life*; 74 : 1-7.
- Jose S., Gillespie A.R. & Pallardy S.G. (2004). Interactions interspécifiques en agroforesterie tempérée. *Agroforestry Systems*, 61(1) : 237-255.
- Zro B.G.F., Yao-Kouamé A. & Kouamé K. F. (2012). Evaluation statistique et spatiale de la fertilité rizicole des sols hydromorphes (gleysols) de la région du Bélier (Côte d'Ivoire). *Tropicultura* 30(4): 236-242.
- Zro F.G.B., Guéi A.M., Nangah Y.K., Soro D. & Bakayoko S. (2016). Statistical approach to the analysis of the variability and fertility of vegetable soils of Daloa (Côte d'Ivoire). *African journal of soil science*, 4(4) : 328-338.

# RESUME

Le but de ce travail est d'étudier la répartition spatiotemporelle de la fertilité chimique du sol sur une parcelle expérimentale d'agroforesterie de l'université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, centre-ouest Côte d'Ivoire). Pour ce faire, les échantillons de sol ont été prélevés sur la parcelle expérimentale selon un dispositif en split-plot, le long d'une toposéquence, respectivement au sommet à mi-versant et au bas de versant. Les prélèvements des échantillons de sol ont eu lieu pendant la grande saison sèche et pendant la grande saison pluvieuse. Les prélèvements ont été faits à 0-10 cm et 10-20 cm du sol. Les échantillons de sol ont été analysés en laboratoire et ont porté sur la détermination du pH, des taux de la matière organique (MO), du carbone (C), de l'azote (N), du phosphore (P), des cations échangeables ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ), de la somme des bases échangeables, de la capacité d'échange cationique (CEC) et du volume de saturation du complexe absorbant ( $V_{sat}$ ). Les résultats des analyses des échantillons ont montré que les teneurs des éléments nutritifs minéraux, de la capacité d'échange cationique et du complexe absorbant sont accumulés à tous les niveaux de la toposéquence à des teneurs presque identiques sur la profondeur considérée, 0-10 cm et 10-20 cm du sol, indépendamment des saisons. Le sol a un pH peu acide (pH = 6,3-6,7), un taux de matière organique (2,01 %-2,13 %), du carbone (1,17 %-1,24 %), de l'azote (0,09-0,10 %), du rapport C/N (12,24-12,30) et du phosphore assimilable (0,48-0,54 %) faibles à moyens. En revanche, les teneurs moyennes enregistrées pour les cations échangeables ont été toutes très élevées. Il en est de même pour la somme des bases échangeables (7,20-9,37 cmol/kg), la capacité d'échange cationique (16,83-18,32 cmol/kg) et le volume de saturation des bases (42,66-48,32 %). Ces taux moyens des nutriments obtenus indiquent un sol faiblement acide, moyennement appauvri et modérément lessivé. C'est un sol de niveau de fertilité faible et à aptitude culturale moyenne. Ce qui peut bien justifier la mise en place d'un système agroforestier pour restaurer la fertilité du sol et assurer durablement la production agricole.

**Mots clés :** Sol, Toposéquence, paramètres chimiques, agroforesterie, Daloa

# ABSTRACT

The aim of this work is to study the spatiotemporal distribution of soil chemical fertility on an experimental agroforestry plot of the Jean Lorougnon Guédé University (Daloa, central-west Côte d'Ivoire). To do this, soil samples were taken from the experimental plot using a split-plot device, along a top toposéquence, at the top at mid-slope and at the bottom of the slope respectively. The samples were taken during the dry season and during the long rainy season. The sampling depths at each level of the toposéquence were 0-10cm and 10-20cm from the ground. The sampling depths at each level of the toposéquence were 0-10cm and 10-20cm from the ground. Soil samples were analyzed in the laboratory and focused on the determination of pH, organic matter (MO), carbon (C), nitrogen (N), phosphorus (P), exchangeable cations ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ), the sum of exchangeable bases, cation exchange capacity (CEC) and saturation volume of the absorbent complex ( $V_{sat}$ ). The results of the analyses of the samples showed that the contents of the mineral nutrients, the cation exchange capacity and the absorbent complex are accumulated at all levels of toposéquence at almost identical contents over the depth considered, 0-10cm and 10-20cm of the soil, regardless of the seasons. Soil has a low acidic pH (pH = 6.3-6.7), organic matter (2.01%-2.13%), carbon (1.17%-1.24%), nitrogen (0.09-0.10%), C/N ratio (12.24-12.30) and assimilable phosphorus (0.48-0.54%) low to medium.

On the other hand, the average levels recorded for exchangeable cations, were all very high. The same applies to the sum of the exchangeable bases (7.20-9.37cmol/kg), the cation exchange capacity (16.83-18.32 cmol/kg) and the saturation volume of the bases (42.66-48.32%). These average levels of the nutrients obtained indicate a soil that is weakly acidic, depleted and moderately leached. It is a soil of low fertility level and medium cultural aptitude. This may well justify the establishment of an agroforestry system to restore soil fertility and ensure sustainable agricultural production.

**Keywords:** Soil, Toposéquence, chemical parameters, agroforestry, Daloa